

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ С
УЧЁТОМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СКВАЖИН С ЦЕЛЮ СНИЖЕНИЯ ПРИРОДНОЙ
ГАЗОНОСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ****Е.А.Шубина, В.И. Брылин, В.Г. Лукьянов**

Научный руководитель профессор В.Г. Лукьянов

***Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, г. Томск, Россия***

Актуальность работы вызвана участвовавшими взрывами метана в угольных шахтах, что обязывает нас изменить подход к добыче угля и газа метана.

Цель работы: Увеличение природной газоносности угольных пластов и низкая эффективность проводимой предварительной дегазации на сегодняшний день являются наиболее актуальными проблемами обеспечения безопасной добычи угля. Большой объем бурения скважин, производимый при проведении различных видов дегазации, увеличивает себестоимость добычи угля и не позволяет снизить природную газоносность до необходимого уровня за короткий промежуток времени.

Методы исследования: Комплексный подход к схеме размещения геологоразведочных скважин на стадии составления проекта разведочных работ позволит использовать данные скважины для дальнейшей дегазации угольных пластов и добычи метана в промышленных масштабах.

Результаты: Применение геологоразведочных скважин в качестве дополнительных скважин для проведения заблаговременной дегазации угольных пластов позволит более эффективно снижать природную газоносность к началу ведения работ по добыче угля. Произведённый сравнительный анализ влияния густоты разведочной сети с учётом требований «Методических рекомендаций по применению

классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых углей и горючих сланцев» и достигнутого на сегодняшний день радиуса воздействия, на угольный пласт, подтверждает необходимость возможного применения данных скважин в качестве дегазационных.

Заблаговременная дегазация угольных пластов является залогом обеспечения безопасной добычи угля и добычи метана в промышленных масштабах.

Ключевые слова:

метан, природная газоносность, скважина, дегазация, безопасность горных работ.

В связи с развитием угледобывающей промышленности стремительными темпами наблюдается увеличение глубины ведения горных работ, а, следовательно, и увеличение природной газоносности разрабатываемых угольных пластов, что существенно влияет на безопасность ведения работ, объёмы добычи угля, попутно добытого газа и загрязнение окружающей среды.

Из общего количества балансовых запасов по Кузбассу к отработке наиболее экономичным открытым способом пригодны только 20 %, а, следовательно, добыча основной части балансовых запасов подлежит отработке подземным способом. Но увеличение глубины ведения работ и природной газоносности ведёт к увеличению себестоимости горных работ и приводит к нерентабельности предприятия.

На сегодняшний день из-за высокой метанообильности, на угольных шахтах широко применяются текущая и предварительная дегазация угольных пластов. При проведении дегазации одного выемочного участка производится бурение от 10 до 150 тысяч метров, а

также согласно требований инструкции по дегазации угольных пластов, производится вынужденный простой оконтуренного выемочного участка в связи с его дегазацией.

Высокая природная газоносность создаёт настолько повышенное метановыделение, что её снижение возможно только с применением комплексной дегазации угольных пластов, т.е. применяется сочетание различных способов или схем дегазации одного или нескольких источников газовыделения.

К методам дегазации, позволяющим снижать природную газоносность до начала ведения очистных работ относятся: барьерная и предварительная дегазация. Так же к данным методам относится недостаточно применяемая в России заблаговременная дегазация.

В связи с низким коэффициентом эффективности предварительной дегазации (0,2-1,4%), основная часть выделяющегося метана при разрушении пласта выбрасывается на поверхность посредством текущей дегазации, а именно, с помощью вентиляции горных выработок (10-40%) и газоотсасывающих вентиляторов (60-90%), установленных во фланговой части выемочного участка.

Следовательно, проводимые мероприятия по дегазации пластов не только не позволяют наращивать темпы безопасной добычи угля, но и несут предприятию очень большие затраты.

Трудности добычи метана из угольных пластов связаны с их низкой проницаемостью при нахождении метана в сорбированном состоянии. Для повышения проницаемости пластов на сегодняшний день разработаны различные методы воздействия на угольный пласт.

Заблаговременная дегазация пластов угля производится вертикальными, наклонными и горизонтальными скважинами с земной поверхности, преимущественно с предварительным гидрорасчленением

пластов или использованием других методов воздействия на угольный пласт с целью формирования системы трещин для дальнейшего извлечения метана из углепородного массива до начала подготовительных или очистных работ.

Применяемые методы воздействия позволяют дегазировать участок недр вокруг вертикальной скважины радиусом 200-300 м в зависимости от геологических условий и выбранного метода воздействия на пласт.

Параметры способа гидрорасчленения пластов, установленные по результатам промышленного внедрения данного способа на шахтах Карагандинского и Донецкого бассейнов, уточняются институтами–разработчиками способа гидрорасчленения пласта.

Перспективными участками для производства заблаговременной дегазации на основе гидрорасчленения пласта являются участки с природной газоносностью более 8 м³/т сухой беззольной массы (с. б. м.) и при их залегании в водонепроницаемых породах не ниже средней устойчивости [2-6].

Эффективность работы скважин зависит от многих факторов, в связи с чем сроки извлечения метана из угольного пласта составляют более 3 лет.

Исследования, выполненные ВНИМИ, установили что, при ведении горных работ на больших глубинах в сложных горно-геологических условиях в качестве одного из наиболее эффективных мероприятий по предупреждению горных ударов могут применяться технологии, используемые в нефтяной и газовой промышленности и позволяющие воздействовать на массив горных пород на больших площадях.

В качестве одного из технических решений, позволяющих управлять напряженно-деформированным состоянием массива горных пород на больших площадях, предлагается апробированная на угольных и нефтегазоконденсатных месторождениях России волновая акустическая геотехнология интенсификации дебита эксплуатационных скважин (ВАГИДЭС). Технология ВАГИДЭС позволяет управлять состоянием массива как через скважины, пробуренные с поверхности, так и из подземных горных выработок угольных или рудных шахт. Локальным вариантом этой технологии является технология ЛАВОПОР (локальное акустическое возбуждение горных пород).

С помощью волнового акустического воздействия можно добиться изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород, поскольку система «скважина–пласт», «скважина–горная порода» является резонансной.

Технологии ВАГИДЭС и ЛАВОПОР являются уникальными и позволяют заблаговременно провести дегазацию массива или его разгрузку от повышенных напряжений, т.е. привести в безопасное состояние массив горных пород на значительных площадях – до 200 тыс. м² (R~500 м) через скважины с поверхности; а через скважины пробуренные из подземных горных выработок до 30 тыс. м² (R~200 м).

Принцип работы заключается в следующем: возбуждая в пласте на заданном удалении от скважины упругие волны напряжений, амплитуда которых превышает предельные напряжения сжатия или предельные напряжения упругости, или ведя акустическое возбуждение литологического разреза в пределах упругих напряжений, в результате можно получить пространственные зоны различных его состояний, т.е. возможно регулировать механические свойства горной породы по необходимости [1].

Современные технологии заблаговременной дегазации скважинами с поверхности позволяют извлекать 70- 90% общего содержания метана. Имеются случаи извлечения метана со средней природной газоносностью 3-4 м³/т (с. б. м.)[7].

Учитывая мировой опыт безопасного ведения горных работ, сформировался термин метаноправляемость, который подразумевает извлечение 75% от общего объёма метана посредством заблаговременной дегазации, 15 % за счёт предварительной дегазации и 10% за счёт проветривания выработок, т.е. текущей дегазации.

Но, к сожалению, внедрение производства заблаговременной дегазации в сложившейся сложной ситуации идёт очень низкими темпами, можно сказать на уровне разговоров. Это связано в первую очередь с высокой стоимостью бурения сети скважин и сроками проведения буровых и дегазационных работ, которые составляют 3-5 лет и более.

Количество скважин, их глубина и расположение зависят от многих факторов и рассматриваются индивидуально по каждому участку, так же как и направление бурения.

Бурение вертикальных скважин обычно менее дорогостоящее, чем горизонтальных. В большинстве случаев для бурения вертикальных скважин не требуется никаких дополнительных мер или услуг. Также при производстве заблаговременной дегазации бурят наклонно-направленные скважины, т.е. преднамеренно отклоняя ствол скважины от вертикали, и горизонтальные скважины, которые преимущественно применяют при большой мощности угольных пластов или при бурении в труднодоступных местах, где обеспечение доступа к каждой отдельной скважине обходится слишком дорого. Одна горизонтальная скважина может заменить несколько вертикальных, но и затраты на ее бурение

значительно выше. Кроме того требуется специальное оборудование и подготовленный персонал. Плотность размещения скважин определяется в основном фактором времени, т. е. чем более сжаты сроки освоения пластов, тем большее количество скважин требуется [7].

В некоторых случаях используют комбинированную схему размещения скважин, т.е. индивидуальные вертикальные, горизонтальные и наклонные скважины. Все эти типы скважин имеют свои достоинства и недостатки, но так как при производстве разведочных работ преимущественно бурятся вертикальные скважины и лишь в некоторых случаях наклонно-направленные, далее пойдёт речь именно о них.

Для решения проблемы высокой природной газоносности к моменту начала ведения горных работ по пласту, предлагается внедрение заблаговременной дегазации участка с применением геологоразведочных скважин, намеченных к бурению при производстве разведочных работ по проектируемому участку.

Производимый объём исследований природной газоносности на различных стадиях геологоразведочных работ, позволяет по результатам поисково-оценочной стадии геологоразведочных работ иметь достаточное представление о природной газоносности участка для принятия решения о необходимости дальнейшего изучения и проведения заблаговременной дегазации.

Имеющийся опыт по уже разведанным смежным участкам в Кузнецком бассейне дает общее представление о мощности зоны газового выветривания и дальнейшем увеличении природной газоносности угольной толщи с глубиной.

В среднем по действующим угольным предприятиям Кузбасса мощность зоны газового выветривания угольных пластов изменяется от

200 м до 100 м, что соответствует горизонтам от +200 до ± 0 м абс. Развитие горных работ на сегодняшний день преимущественно осуществляется на горизонте ± 0 м. абс. и ниже.

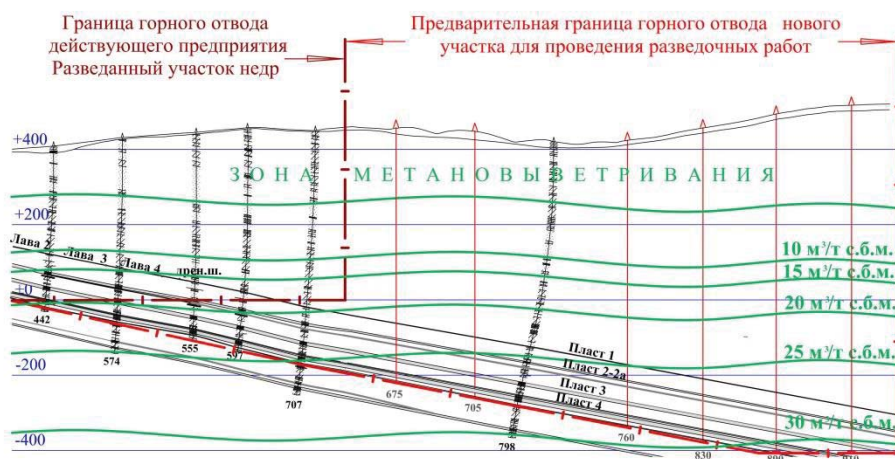
Природная газоносность по горизонтам имеет следующие значения, представленные в табл. 1.

Таблица 1.

Общие сведения о природной газоносности Кузбасса

| Горизонт, м абс. | Метаноносность, $\text{м}^3/\text{т с.б.м.}$ | Глубина ведения горных работ, м |
|------------------|--|------------------------------------|
| + 200 | 0-9 | 100-200 зона метановыветривания |
| +100 | 10-15 | 200-300 |
| ± 0 | 13-22 | 300-400 |
| -300 | 22-30 | 600-900 |

Из табл. 1 следует, что природная газоносность угольных пластов действующих предприятий преимущественно составляет 10-30 $\text{м}^3/\text{т с.б.м.}$ и с увеличением глубины разработки будет только увеличиваться, что приведёт к серьёзным производственным затратам на снижение газоносности. Более наглядно увеличение природной газоносности с глубиной залегания представлено на рис. 1.

**Рис. 1. Геолого-газовый разрез угольной толщи**

Использование разведочных скважин для проведения заблаговременной дегазации участка, в первую очередь позволит рационально использовать время необходимое на проектирование горных работ, проведение экспертизы проекта отработки участка и начальной стадии строительства предприятия, на выполнение работ по снижению природной газоносности к моменту начала проведения вскрывающих и подготовительных выработок.

В соответствии со ст.14 ФЗ № 81 Правительство РФ постановление от 25.04.2011г. № 315 устанавливает обязательное проведение дегазации угольных пластов при превышении природной газоносности $13 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.т.

В странах с более развитой угольной промышленностью в целях обеспечения безопасных условий труда данный порог уже снижен до $9 \text{ м}^3/\text{т}$ с. б. м.

В связи с многочисленными взрывами на угольных шахтах данный вопрос о снижении порога до $9 \text{ м}^3/\text{т}$ уже рассматривается и в РФ, но пока всё остается без изменений. Следовательно, в будущем, при отработке участков с природной газоносностью $13\text{-}30 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м., заблаговременная дегазация неизбежно перейдет в разряд необходимых мероприятий, на выполнение которых, к сожалению, требуются не один год и существенные затраты на создание сети дегазационных скважин.

Кроме того, в зависимости от величины относительной метанообильности производится установление категории шахты по метану. Таким образом, согласно п. 267 «ПБ в угольных шахтах», при относительной метанообильности $15 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м. и более, шахту относят к категории «сверхкатегорной» [8].

Проведенный анализ относительной метанообильности угольных шахт Кузбасса, работающих ниже гор. ± 0 м абс. показывает, что

большинство шахт относятся к «сверхкатегорным», так как относительная метанообильность составляет 30-60 м³/т с.б.м. и более.

Учитывая вышеизложенное, подчёркивается актуальность проблемы высокой природной газоносности, так как относительная метанообильность в 2-4 раза превышает установленный критерий отнесения шахт к «сверхкатегорному» виду. Поэтому вопрос о целесообразности многофункционального использования геологоразведочных скважин с целью проведения заблаговременной дегазации предлагается рассматривать при составлении проекта разведки участка, анализируя сведения о природной газоносности участка по данным поисково-оценочной стадии геологоразведочных работ.

Применяя разведочную сеть в соответствии с «Методическими рекомендациями...» [9] помимо решения задач, поставленных геологическим заданием в соответствии со стадией геологоразведочных работ, можно предусмотреть возможность проведения в дальнейшем и заблаговременной дегазации проектируемого участка с использованием планируемых скважин. Данные скважины необходимо временно консервировать, на период составления геологического отчёта, выделения запасов метана и их утверждения.

В табл. 2 представлен анализ покрываемой площади дегазируемого участка при зонах влияния воздействия на пласт 200 м и 300 м размещение проектируемых геологоразведочных скважин в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.

Например, учитывая требования заложения геологоразведочных скважин для относительно выдержанных пластов: 200 м. между скважинами, до 400 м. между разведочными линиями, создаваемая сеть при радиусе гидрорасчленения 200 м. позволит дегазировать до 100

% площади участка (рис. 2) и снизить природную газоносность до 13 м³/т с. б. м и более.

Представленная сеть скважин так же может использоваться при отработке участка для дегазации выработанного пространства, что предотвратит внезапное загазирование горных выработок при посадке основной кровли.

Следовательно, сгущение разведочной сети на стадии разработки проекта разведки участка в свою очередь позволит произвести подсчёт запасов по более высоким категориям и, в дальнейшем, обеспечить дегазацию 100 % площади проектируемого участка, снизит природную газоносность на 70-90% [7], обеспечит безопасное ведение горных работ без применения предварительной дегазации, снизит нагрузку, возлагаемую на текущую дегазацию.

Предусмотрев на этапе составления проекта разведочных работ оптимальную конструкцию, количество геологоразведочных скважин и возможность их дальнейшего использования для производства заблаговременной дегазации, появляется возможность рационально использовать период времени проектирования участка на снижение природной газоносности к началу ведения горных работ. При этом возможно более оперативно дегазировать шахтное поле в период строительства угледобывающего предприятия, производя заблаговременную дегазацию по шахтным блокам или участкам.

Концентрация добываемого метана посредством заблаговременной дегазации позволяет использовать добытый газ во многих отраслях промышленности. В странах с развитой добычей метана, добытый газ в основном используется на нужды данного предприятия для заправки автомобилей, котельных, выработки электроэнергии и т.д., а также может быть переведен из попутно

добываемого в направлении самостоятельной добычи в промышленных масштабах.

Таблица 2

Сравнительный анализ влияния густоты разведочной сети на количество покрываемой площади для производства заблаговременной дегазации участка

| Выдержанность пластов | Покрываемая площадь дегазируемого участка | Расстояния между скважинами по категориям запасов, м | | | | | |
|--------------------------|--|--|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| | | А | | В | | С ₁ | |
| | | между линиями | между скважинами на линиях | между линиями | между скважинами на линиях | между линиями | между скважинами на линиях |
| | | 600–800 | 200–400 | 800–1200 | 400–600 | до 2000 | до 1000 |
| Выдержанные | При радиусе влияния воздействия на пласт 200 м | 45-78% | | 20-45 % | | 13-28 % | |
| | При радиусе влияния воздействия на пласт 300 м | 72-100 % | | 35-75 % | | | |
| Относительно выдержанные | При радиусе влияния воздействия на пласт 200 м | 300–400 | 150–250 | 400–600 | 200–300 | до 1000 | до 500 |
| | | 100 % | | 75-100% | | 25-55% | |
| | При радиусе влияния воздействия на пласт 300 м | 100 % | | 100% | | | |

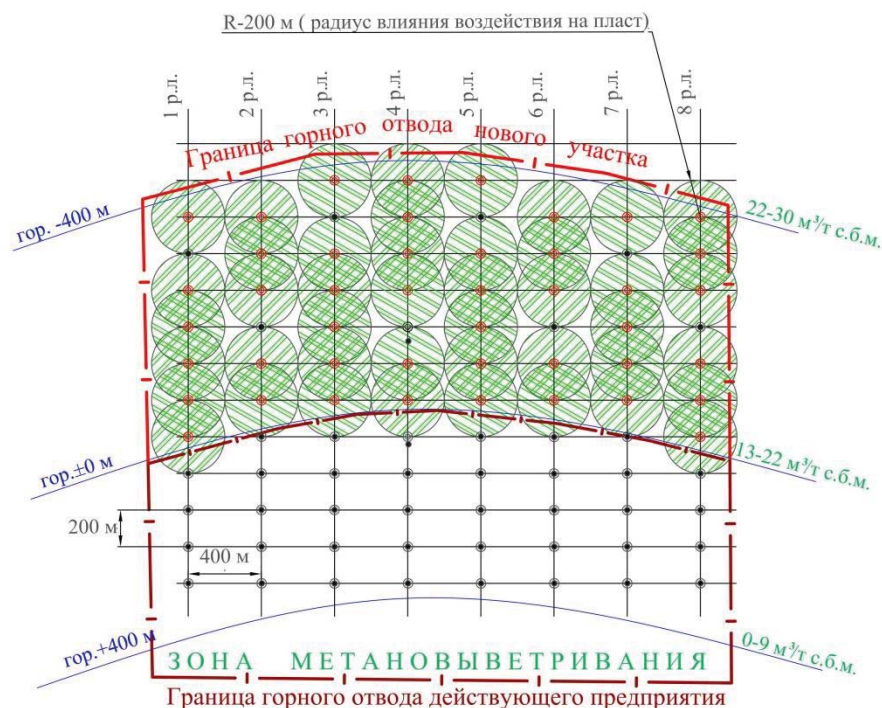


Рис. 2. Схема размещения скважин

Выводы

Рассматривая применение разведочных скважин в качестве дегазационных, параллельно решается ряд производственных вопросов:

- снижаются затраты на бурение непродуктивных отложений и зоны метановыветривания (100-200 м). Объёмы бурения по непродуктивным отложениям или зоны метановыветривания на некоторых участках могут достигать 50-70% от общего объёма бурения, проводимого при геологоразведочных работах;
- производится дегазация пластов-спутников и отщепившихся пластов, которые при отработке выемочного участка попадают в зону разгрузки и увеличивают объём метана в выработанном пространстве;
- сокращаются затраты на обсадные трубы, так как по опыту их извлечения, до 40% труб деформируется;

- появляется возможность использовать скважины в качестве дегазации купола обрушения;
- исключаются простои высокопроизводительного оборудования по газовому фактору при отработке участка;
- снижается образование фотохимического смога и «парникового» эффекта, которые возросли за последние десятилетия примерно в 8 раз за счет выбросов метана в атмосферу из шахт Кузбасса;
- повышается рентабельность угледобычи за счёт выработки собственной электроэнергии, организации автозаправок, применения добытого метана в котельных и т.д.

Литература

1. Верниго В.М., Кульчицкий В.Б. Предупреждение горных ударов и внезапных выбросов в горнодобывающей промышленности// Горная Промышленность.– 2006. – №4. – С.6–7.
2. Малышев Ю. Н., Ю. Л. Худин Ю. Л., Васильчук М. П. и др. Проблемы разработки метанодобывающих пластов в Кузнецком угольном бассейне. – М.: Издательство Академии горных наук, 1997. – 463 с.
3. Пучков Л. А., Сластунов С. В., Коликов К. С. Проблемы реализации концепции метанобезопасности на угольных шахтах России // Уголь. – 2009. – №1. – С. 28–30.
4. Пучков Л. А., Сластунов С. В., Презент Г. М. Перспективы промышленного извлечения угольного метана // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во МГГУ 2002. – № 6. – С. 6-10.
5. Пучков Л. А., Сластунов С. В., Федунец Б. И. Перспективы добычи метана в Печорском угольном бассейне. – М.: Издательство МГГУ, 2004. – 557 с.
6. Сластунов С. В. Заблаговременная дегазация и добыча метана из угольных месторождений. – М.: Издательство МГГУ, 1996. – 441 с.
7. Сикора П., Смыслов Д. и др. Особенности заблаговременной дегазации угольных пластов методом бурения скважин с поверхности // Глюкауф. – 2008. – №1. – С.38–45.
8. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05 выпуск 11 / Колл. Авт. — М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». – 2003. – 296с.
9. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы.- М.: Изд. ФГУ ГКЗ, 2007 г. – 34 с.